

# **Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatisasi Lampu Penerangan Taman**

Oleh:

Yossie Widiatmoko

NIM. 08506134010

## **ABSTRAK**

*Tujuan pembuatan proyek akhir yang berjudul “Prototype Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomatisasi Lampu Penerangan Taman” adalah sebagai sebuah bentuk penghematan energi listrik pada penerangan taman. Penghematan energi listrik dilakukan dengan cara memanfaatkan solar cell dan lampu LED yang dioperasikan dengan sistem kontrol.*

*Metode yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah metode rancang bangun. Langkah-langkah metode rancang bangun adalah analisis, perancangan, pembuatan dan pengujian. Perancangan perangkat keras terdiri dari solar cell, battery Li-Po, tombol seting, pengolah data ATmega16, dan LCD monitor. Tombol seting digunakan untuk memilih menu dan memasukkan nilai seting yang berupa waktu sesungguhnya untuk pengoperasian lampu nyala dan mati. Solar cell sebagai sensor cahaya dan pengkonversi energi matahari ke energi listrik yang kemudian disimpan ke dalam battery Li-Po. LCD menampilkan besar tegangan solar cell dan waktu untuk pengoperasian lampu.*

*Berdasarkan Hasil pengujian pada alat menunjukkan hasil sesuai perencanaan. Battery dapat bertahan selama 14 jam ketika semua beban aktif (ON), sedangkan pengisian (charging) battery selama 13 jam ketika battery dalam keadaan benar-benar kosong.*

*Kata kunci: Solar Cell, Lampu Taman, Hemat Energi, Mikrokontroler ATmega16*

## A. Latar Belakang

Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat. Sangat diperlukan sumber energi alternatif terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini salah satunya menggunakan energi matahari (*Solar Energy*). *solar cell* yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi *solar cell* merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap *photon* dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. *Solar cell* banyak digunakan untuk berbagai aplikasi salah satunya pada lampu penerangan.

Lampu penerangan taman, umumnya menggunakan lampu yang tergolong tidak hemat energi, maka diperlukan satu rancangan untuk lebih hemat energi listrik pada lampu, yaitu dengan pemanfaatan lampu LED (*Light Emitting Diode*) dan *solar cell* sebagai sumber energi. Lampu penerangan taman masih banyak yang dikendalikan secara manual atau dengan kata lain masih perlu tangan manusia untuk menghidupkan dan mematikan lampu, maka diperlukan suatu rancangan pada kendali lampu

untuk mengotomatiskan hidup dan mati lampu.

Sensor cahaya tidak akan bekerja secara optimal dalam proses otomatisasi jika terjadi gangguan karena perubahan cuaca, maka diperlukan suatu cadangan dengan menggunakan timer. Pemanfaatan timer tersebut dimaksudkan agar lampu dapat hidup dan mati secara otomatis saat sensor terjadi gangguan, sehingga proses otomatisasi pada lampu tetap berjalan.

Rancangan ini dimaksudkan untuk penghematan energi listrik dalam aplikasi lampu penerangan taman dengan cara pemanfaatan energi matahari menggunakan *solar cell* dan lampu LED yang dilengkapi sistem kontrol.

## B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan antara lain :

1. Energi matahari dapat dimanfaatkan untuk sumber energi alternatif dengan menggunakan *solar cell*.

2. Penggunaan lampu penerangan taman biasanya menggunakan lampu yang berdaya besar.
3. Proses otomatisasi saat ini sering terjadi gangguan pada sensor cahaya karena perubahan cuaca, maka diperlukan cadangan dengan menggunakan sistem timer agar proses otomatisasi pada lampu penerangan tetap berjalan.
4. Pemanfaatan *solar cell* dan lampu LED lebih murah dan efisien.
5. Penggunaan output *solar cell* dapat diteliti secara detail.
5. Sistem kontrol dilengkapi dengan penggunaan sistem timer yang menggunakan mikrokontroler ATmega 16.
6. Pengoperasian lampu dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: manual, otomatis dengan *solar cell* dan timer.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan berbagai hal yang telah dikemukakan diatas, maka rumusan masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana rancangan dan pembuatan prototype lampu penerangan taman dengan kontrol timer dan *solar cell*?
2. Bagaimana unjuk kerja dari prototype pemanfaatan *solar cell* sebagai sumber energi pada sistem otomatisasi lampu penerangan taman?

#### **C. Batasan Masalah**

Tugas akhir ini hanya terbatas pada hal-hal sebagai berikut:

1. *Solar cell* berfungsi sebagai pengkonveersi energi matahari ke energi listrik dan sebagai sensor cahaya.
2. *Battery* sebagai tempat penyimpanan energi listrik.
3. Lampu penerangan taman menggunakan lampu LED.
4. Rangkaian kontrol dan pengolah data menggunakan mikrokontroler ATmega 16.

#### **E. Tujuan**

Tujuan dari perancangan dan pembuatan alat adalah:

1. Merancang dan membuat prototype lampu penerangan taman dengan pemanfaatan *solar cell* sebagai sumber energi.

2. Mengetahui unjuk kerja dari prototype pemanfaatan *solar cell* sebagai sumber energi pada sistem otomatisasi lampu penerangan taman.

## F. Manfaat

Pembuatan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak, yaitu bagi:

1. Mahasiswa:

Mahasiswa dapat mengasah kemampuan menciptakan inovasi dan mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh dalam perkuliahan.

2. Masyarakat:

Sistem penerangan taman yang lebih efektif dan efisien, karena tidak perlu bersusah payah untuk menyalakan atau mematikan lampu taman tiap hari dan lebih hemat dalam penggunaan energi listrik pada lampu penerangan taman.

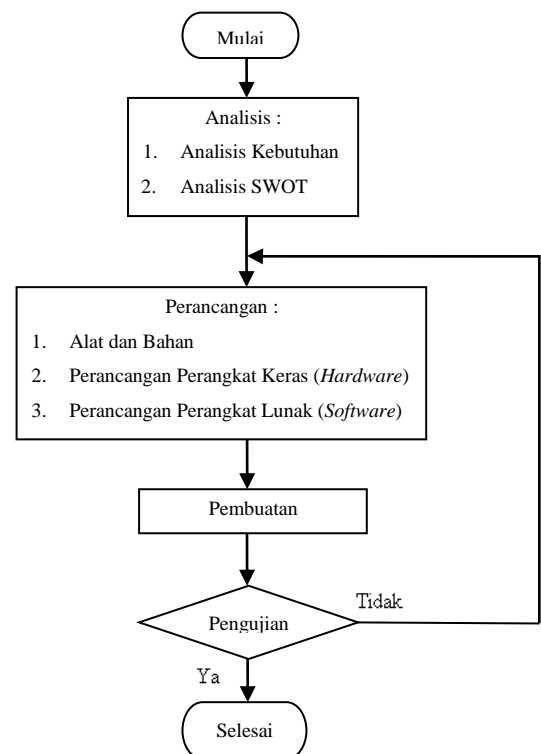
3. Institusi :

Sebagai referensi dalam pengembangan kreatifitas

## G. Konsep Perancangan Alat

Proyek akhir ini dalam pengerjaannya menggunakan metode

rancang bangun, langkah-langkah dari metode rancang bangun antara lain: analisis, perancangan, pembuatan dan pengujian. Data hasil pengukuran diperoleh dengan cara observasi menyangkut rancang bangun dan unjuk kerja alat.



Gambar 1. Konsep Perancangan Alat

### 1. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan diartikan sebagai suatu proses kebutuhan yang prioritas. Analisis kebutuhan (*need assessment*) adalah suatu cara atau metode untuk mengetahui perbedaan antara kondisi yang diinginkan (*should*

be) atau diharapkan dengan kondisi yang ada (*what is*).

Menghemat pemakaian listrik, dapat dilakukan dengan menggunakan lampu hemat energi, mematikan peralatan elektronik jika tidak diperlukan dan memanfaatkan energi alternatif dalam memenuhi kebutuhan listrik yang murah dan praktis. Pemanfaatan inovasi dalam bidang energi, diperlukan kebijakan dan pengaturan yang lebih baik, yang dikenal sebagai konversi energi. Konversi energi adalah usaha mencari sumber energi dan memanfaatkannya, antara lain sinar matahari, panas bumi dan tenaga air. Konversi energi dapat dilakukan dengan penggunaan energi yang terdapat di alam, salah satunya adalah pemanfaatan energi matahari sebagai alternatif yang bersifat berkelanjutan. Penggunaan energi Matahari menggunakan teknologi *Solar Cell* yang ramah lingkungan. Metode semacam ini diharapkan bisa diterapkan di daerah yang belum terjangkau oleh aliran listrik. Menurut Jacobson (2009), teknologi *Solar Cell* bersama dengan teknologi angin dan kekuatan air mampu mensuplai seluruh kebutuhan umat manusia akan energi pada tahun 2030. Setidaknya pada

tahun tersebut diprediksikan bahwa total keseluruhan pembangunan *Solar Cell* akan mencakup luas wilayah dua juta mil persegi yang sama dengan separuh dari luas Amerika Serikat (Trend E Magazine 2011, p.40).

PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) mengaku siap menjalankan rencana pemerintah menaikkan tarif listrik (TDL) mulai tahun depan setiap 3 bulan sekali hingga mencapai 10 % (Merdeka, 27/08/2012). TDL tersebut membuat masyarakat harus berpikir ulang untuk menggunakan listrik sehemat mungkin dan pintar-pintar menyiasatinya, agar penggunaan listrik tidak terlalu banyak. Bagaimana seandainya harus ke luar kota dalam waktu yang cukup lama, dan meninggalkan rumah dalam kondisi kosong. Umumnya masyarakat terbiasa menyalakan lampu depan, lampu teras, lampu taman dan lampu jalan yang merupakan bagian akses publik, agar pada malam hari tidak terlalu gelap. Tanpa disadari, apa yang dilakukan ini merupakan pemborosan energi listrik karena menggunakan lampu di siang hari, di sisi lain justru hal ini dapat memicu tindakan kriminal. Pelaku kejahatan justru mengira bahwa lampu luar yang

dinyalakan merupakan pertanda bahwa lingkungan dalam keadaan kosong dan tanpa pengawasan, maka diperlukannya sistem kontrol. Sistem kontrol bertujuan agar lampu penerangan dapat menyala otomatis saat gelap dan padam ketika terang, sebetulnya inilah jawaban dari masalah di atas yaitu lampu otomatis dengan sistem kontrol.

Tarif listrik yang mahal dapat disiasati, salah satunya yang paling sederhana adalah mengganti lampu penerangan rumah dengan lampu LED 1W. Penghematan yang di dapat dari penggantian lampu ini diperoleh dari perhitungan daya, seperti tabel berikut:

Tabel 1. Perbandingan lampu biasa dengan lampu LED

No.	Lampu Biasa	Lampu LED	Penghematan
1.	Mengganti 10 lampu 20 W untuk penerangan dengan 10 lampu LED 1 W		
	10 lampu x 20 W = 200 W	10 lampu x 1 W = 10 W	200 W – 10 W = 190 W
2.	Rata- rata penggunaan lampu perhari adalah 10 jam		
	200 W x 10 jam = 2 Kwh	10 W x 10 jam = 0,1 Kwh	2 – 0,1 = 1,9 Kwh

Tabel diatas diperoleh hasil bahwa penggantian lampu LED dapat menghemat energi listrik sebesar 80%. Penggantian lampu sudah dapat

menghemat 1,9 Kwh perhari dengan beberapa kelebihan, yaitu:

- Lebih ringan dan tahan lama
- Mencegah dampak pemanasan global
- Anti Kedip / *flicker*
- Sinar lampu bisa lebih fokus

Kajian ekonomi menunjukkan bahwa Lampu LED dengan efikasi 80 lm/W dan memiliki umur minimal 50.000 jam lebih ekonomis dibandingkan dengan Lampu CFL dengan efikasi 70 lm/W (harga Rp. 25.000 dan umur pemakaian 10.000 jam), apabila harganya dibawah Rp. 200.000 (PT. PLN Persero, <http://www.pln.co.id/puslitbang/?p=658>).

Taman tidak saja dapat dinikmati pada siang hari akan tetapi tetap harus dapat dinikmati pada malam hari. Suasana taman akan lebih dramatis jika ada lampu yang menerangi. Lampu taman adalah salah satu elemen penting didalam menciptakan suasana taman yang asri, indah dan sejuk. Lampu bukan hanya sarana penerangan namun sudah berkembang menjadi penambah nilai estetika. Pemilihan lampu taman harus disesuaikan dengan konsep taman

yang akan dan telah dibuat baik dari segi bentuk, untuk itu selain faktor desain lampu taman perlu dipertimbangkan kekuatan, keawetan dan keamanan.

## 2. Analisis SWOT

Analisa SWOT adalah sebuah analisa yang dicetuskan oleh Albert Humprey pada dasawarsa 1960-1970 an. Analisa ini merupakan sebuah akronim dari huruf awalnya yaitu *Strenghts* (kekuatan), *Weaknesses* (kelemahan), *Opportunity* (Peluang) dan *Threat* (Ancaman). Analisa ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan dan peluang, namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan dan ancaman.

Tabel 2. Kekuatan (*Strenghts*) dan Kelemahan (*Weaknesses*)

No	Kekuatan ( <i>Strenghts</i> )	Kelemahan ( <i>Weaknesses</i> )
1.	Pemanfaatan energi matahari lebih mudah dilakukan. Menggunakan <i>solar cell</i> sebagai alat pengkonversi energi matahari ke energi listrik	Energi angin dan energi air harus menggunakan alternator sebagai pembangkit dan turbin sebagai penggeraknya.
2.	<i>Battery Lithium-polymer</i> (Li-PO) mempunyai tingkat penyimpanan	<i>Battery</i> Ni-MH, Ni-CD umurnya relatif pendek, karena tidak dilengkapi dengan pemutus arus

	energi yang lebih panjang dari <i>battery</i> sejenisnya	( <i>overcharging</i> ) saat <i>battery</i> terisi penuh yang berpengaruh pada perubahan bentuk dan kerusakan pada sel <i>battery</i> .
3.	Penggunaan mikrokontroler lebih efektif, karena dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan dan mudah didapat dengan harga yang relatif lebih murah.	Penggunaan <i>programmable logic control</i> (PLC) saat ini harganya relatif mahal. Timer yang banyak dijual saat ini pengaturannya lebih rumit, karena harus mengatur waktu sesungguhnya, waktu ON / OFF alat, dan pengaturan hari.
4.	lampu LED mempunyai umur yang panjang dan mudah didapat dengan harga yang lebih murah dari lampu sejenisnya.	bohlam pijar menggunakan sebagian besar energinya untuk memproduksi panas, bukan cahaya. Oleh karena itu, kawat pijar lebih cepat terbakar. Lampu neon menggunakan tenaga elektrik untuk merangsang penguapan merkuri yang menghasilkan gelombang UV. Proses ini menyebabkan fosfor berpendar dan memproduksi cahaya yang menyilaukan mata.

Tabel 3. Peluang (*Opportunities*) dan Ancaman (*Threats*)

No	Peluang ( <i>Opportunities</i> )	Ancaman ( <i>Threats</i> )
1.	<i>Solar cell</i> saat ini belum banyak digunakan pada aplikasi dalam masyarakat dan umumnya masih menggantungkan suplai energi	Penggunaan alat dan bahan serta prinsip kerja produk yang sama, akan memunculkan

	listrik dari PLN	pesaing bisnis
2.	Sistem kontrol pada umumnya menggunakan sistem timer yang banyak dijual, namun lebih rumit dalam pengaturannya dan Pengoperasian untuk nyala dan mati lampu masih membutuhkan bantuan tangan manusia	
3.	Penggunaan lampu umumnya menggunakan lampu neon dan CFL yang mempunyai daya besar dan penggunaan LED untuk penerangan, saat ini masih tergolong sedikit	Kualitas produk dan umur yang pendek dapat mengurangi tingkat keminatan konsumen
4.	Desain lampu saat ini lebih banyak menggunakan bahan dari kaca dan besi yang materialnya lebih berat	

Penghematan energi listrik yang didapat dari kedua analisis diatas adalah dengan membuat sebuah alat penerangan taman dengan pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan alat pengkonversi energi matahari ke energi listrik. Alat tersebut adalah *solar cell*, energi listrik yang dihasilkan *solar cell* akan disimpan ke dalam *battery* dan penggunaan lampu LED yang dilengkapi dengan sistem kontrol dengan mikrokontroler

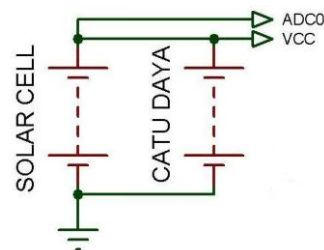
diharapkan dapat menghemat energi listrik semaksimal mungkin tanpa menggunakan suplai dari PLN.

### 3. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras terdiri atas:

#### a) Catu Daya (*Power Supply*)

Catu Daya merupakan rangkaian yang menyediakan catu daya untuk setiap komponen pada rangkaian. Lampu penerangan taman secara otomatis terdiri dari komponen-komponen elektronik yang membutuhkan catu daya yang stabil. Rangkaian tersebut harus dimodifikasi agar sesuai dengan kebutuhan. Besarnya tegangan keluaran yang dibutuhkan adalah tegangan DC 5 Volt. Tegangan 5 volt digunakan untuk mencatu Mikrokontroller, *LCD* Monitor, *Switch*, dan lampu LED.



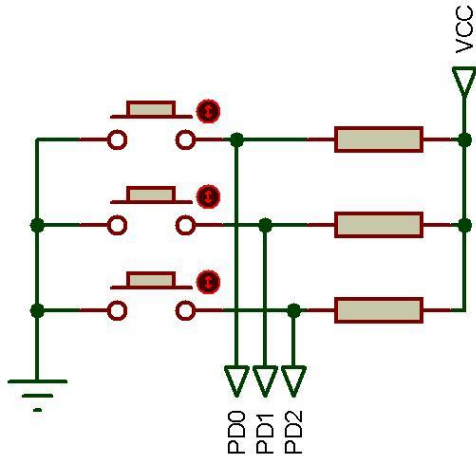
Gambar 2. Rangkaian Catu Daya

Rangkaian dibuat dengan satu sumber yaitu sumber *battery*





Tombol Seting berfungsi untuk memasukkan data seting berupa jam, menit dan detik lampu akan menyala dan mati. Seperti pada gambar 5.



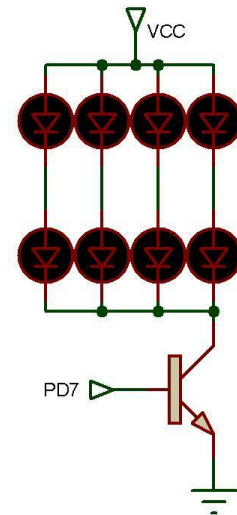
Gambar 5. Rangkaian Tombol Seting

*Pin D bit* ke-0, 1, dan 2 difungsikan sebagai input tombol seting. Resistor sebesar 1 k $\Omega$  berfungsi untuk membatasi arus yang masuk ke mikrokontroler. Tegangan 5 volt yang dilewatkan pada resistor sebesar 1 k $\Omega$  memberikan *input* data pada *Pin D bit* ke-0, 1 dan 2 berlogika 1. Saat semua tombol ditekan maka arus akan langsung mengalir ke *ground*, sehingga *input* data pada *Pin D bit* ke-0, 1 dan 2 menjadi berlogika 0.

#### e) Lampu LED (*Light Emiting Diode*)

Rangkaian lampu perlu diperhatikan untuk mendapatkan kuat

penerangan yang cukup dengan daya yang kecil, seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Lampu LED

Delapan buah LED yang disambung secara seri-parallel. Transistor NPN berfungsi sebagai saklar pada rangkaian lampu, ketika output dari mikrokontroler berlogika 1, maka ada aliran arus yang mengalir dari collector ke emitter sehingga lampu menyala.

## 4. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Piranti pengolah data dan kontrol yang berupa mikrokontroler Atmega16 akan diisi (di-download) program. Program ditulis dengan bahasa C. Program tersebut berisi pengoperasian lampu penerangan taman, pembacaan tegangan *solar cell*

dan penyetingan waktu untuk operasi lampu menyala atau mati secara otomatis, yang kemudian akan ditampilkan melalui LCD berdasarkan program yang telah dibuat.

a) Sensor Cahaya (*Solar cell*)

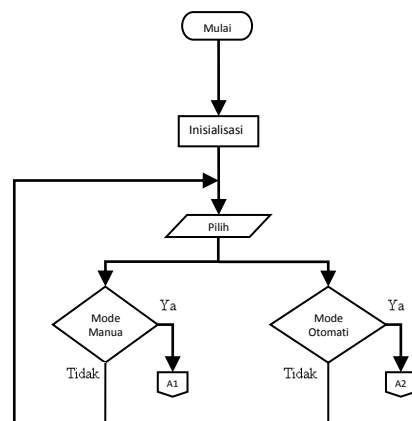
Sensor cahaya yang digunakan adalah *solar cell*. *Solar cell* selain berfungsi sebagai sumber energi namun juga dapat digunakan sebagai sensor cahaya. *Solar cell* saat terkena cahaya matahari maka akan menghasilkan tegangan dan sebaliknya jika tidak terkena cahaya, maka *solar cell* tidak menghasilkan tegangan. Tegangan solar cell yang difungsikan sebagai sensor cahaya dalam otomatisasi lampu akan diproses lebih lanjut oleh mikrokontroler ATmega16 dengan ADC (*analog to digital converter*).

```
cell=read_adc(0);
tegangan=((float)cell*0.00488);
if (tegangan<=1)
{
    PORTD.7=1;
    lampu=1;
}
if (tegangan>1)
{
```

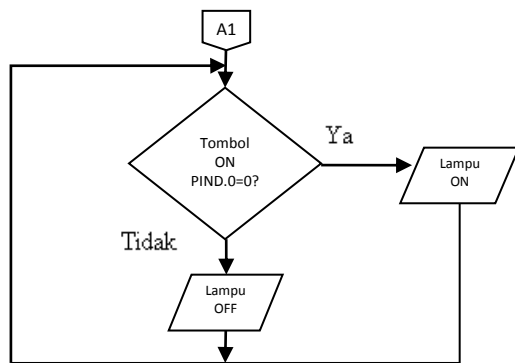
```
    PORTD.7=0;
    lampu=2;
}
if ((jam>=6)&&(jam<=7)&&(lampu==1))
{
    PORTD.7=0;
}
if ((jam>=18)&&(jam<=19)&&(lampu==2))
{
    PORTD.7=1;
}
}
```

b) Mikrokontroler ATmega 16

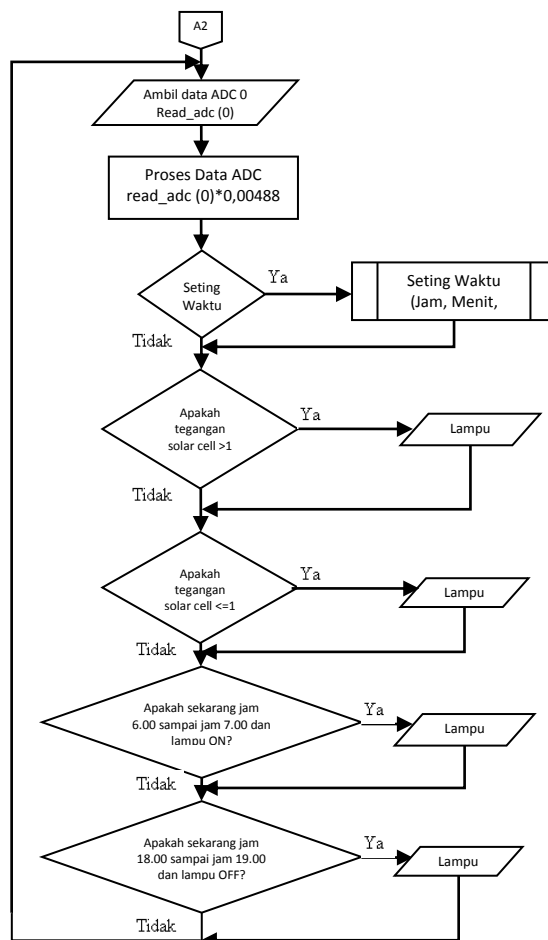
Pengguna (*user*) tidak perlu melakukan seting kembali pada program saat sistem tidak mendapatkan catu daya dan hendak digunakan kembali, karena file yang berekstensi \*.hex sudah di-*download* ke dalam mikrokontroller. Program secara garis besar dapat digambarkan dalam diagram alir pada gambar 6 sampai dengan gambar 9.



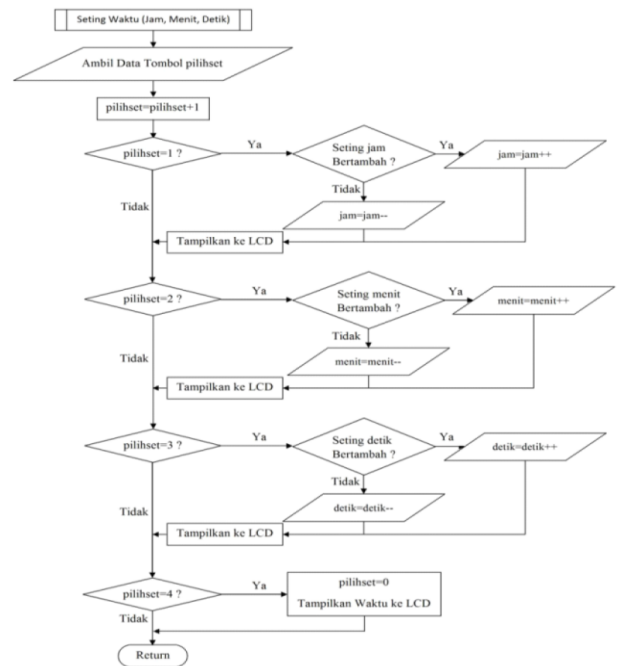
Gambar 6. Program Utama



Gambar 7. Eksekusi Operasi Lampu  
Pada Mode Manual



Gambar 8. Eksekusi Operasi Lampu  
Pada Mode Otomatis



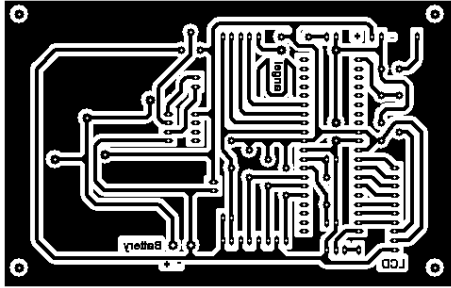
Gambar 9. Seting Waktu

## 5. Pembuatan

### a) Pembuatan PCB

Pembuatan *PCB* dilakukan dengan menggunakan *software PCB Wizard Unlimited*. Adapun proses pembuatan *PCB* adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat *layout PCB* menggunakan *software PCB Wizard Unlimited*. *Layout* yang sudah jadi kemudian dicetak, seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Layout Pcb

- 2) *Layout* hasil cetakan kemudian di-*photo copy* menggunakan kertas *glossy*.
- 3) Sablon *layout* kertas *glossy* pada *PCB* polos menggunakan setrika listrik.
- 4) *PCB* yang sudah disablon kemudian dilarutkan menggunakan larutan *ferite clorida* ( $FeCl$ ) agar lapisan tembaga yang tidak terpakai hilang.
- 5) Pemeriksaan jalur *PCB*.
- 6) Lubangi *PCB* sesuai dengan pola yang tersablon menggunakan bor.
- 7) Bersihkan *PCB* dari tinta sablon.

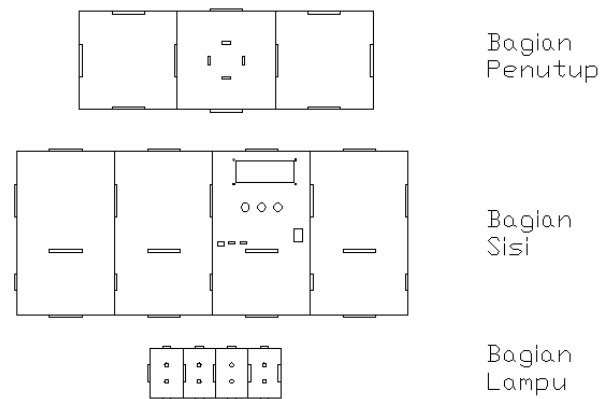
#### b) Perakitan Komponen

Semua komponen harus dipastikan bahwa tempat ataupun posisi pemasangannya

benar, dan komponen dapat disolder.

#### c) Pembuatan Boks

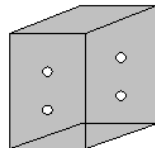
Bahan pembuatan boks menggunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Boks dibuat berbentuk balok dengan panjang 12 cm, lebar 12 cm dan tinggi 20.6 cm. Boks ini tersusun dari dua bagian, yaitu bagian kontrol atau pengolah data pada bagian atas dan bagian lampu pada bagian bawah, seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Desain Boks

Desain ini dibuat untuk memudahkan saat melakukan pengecekan dan perbaikan, sedangkan untuk lampu menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 2 mm

berbentuk balok dengan panjang 4 cm, lebar 4 cm dan tinggi 6 cm, yang terdiri dari 8 buah lampu LED 5 mm, seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Desain Lampu

#### d) Pembuatan Tiang Lampu

Pembuatan tiang lampu menggunakan alumunium berbentuk lingkaran dengan diameter 4 cm, dan tinggi 50 cm. menggunakan alumunium karena anti karat, ringan dan harga lebih murah bila dibandingkan dengan *stainless steel*.

## H. Hasil Pengujian

### 1. Catu Daya (*Power Supply*)

Rangkaian *power supply* terdiri dari *battery* 3600 mAH sebagai sumber dengan tegangan +5V. Pengamatan dilakukan dengan mengukur tegangan *power supply* menggunakan multimeter. Pengamatan tersebut menghasilkan tegangan yang tidak jauh berbeda

dari tegangan keluaran yang diinginkan. Pada bagian ini akan diamati tegangan keluaran dari *battery* saat pengisian (*charging*) dan saat tidak dalam pengisian (*discharge*).

Tabel 2. Hasil Pengujian *Power Supply* 3600 mAH.

No	Tegangan <i>Power Supply</i> (Volt)	
	<i>discharge</i>	<i>charging</i>
1	4,9	5,4
2	4,8	5,2
3	5,2	5,2
4	5	5,4

$$V_{out} \text{ rata - rata saat discharging} = \frac{4,9 + 4,8 + 5,2 + 5}{4} = 4,97 \text{ volt}$$

$$V_{out} \text{ rata - rata saat charging} = \frac{5,4 + 5,2 + 5,2 + 5,4}{4} = 5,3 \text{ volt}$$

*Battery* dengan keluaran sebesar 4,97 volt dan 5,3 volt dirasa cukup baik dan aman untuk suplai tegangan mikrokontroler ATmega16, LCD dan tombol seting. Berdasarkan hasil pengujian *power supply*, besarnya tegangan keluaran adalah 4,97 volt. Idealnya, besar tegangan keluaran adalah 5 volt, sehingga selisih hasil perhitungan :

$$\text{error} = \frac{(5 - 4,97)}{5} \times 100\% = 0,6 \%$$

## 2. Sensor Cahaya

Pada pengujian sensor cahaya dengan *solar cell* diukur berapa besar tegangan yang dihasilkan pada jam-jam tertentu, ketika terkena sinar matahari.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tegangan *Solar Cell*.

No.	Percobaan (Jam)	Hasil pengukuran	
		Voc (Volt)	Isc (mA)
1	05.00	0,2	88
2	06.00	1,1	180
3	07.00	3,2	260
4	08.00	5	300
5	09.00	5	300
6	10.00	5	300
7	11.00	5	300
8	12.00	5,1	300
9	13.00	5,1	300
10	14.00	5,1	300
11	15.00	5	300
12	16.00	4,8	290
13	17.00	3.6	260
14	18.00	0,9	140

Berdasarkan tabel 3 terjadi perbedaan yang cukup besar pada jam-jam tertentu, ketika *solar cell* terkena sinar matahari, sehingga dari hasil pengujian diperoleh tegangan acuan untuk program.

$$Tegangan\ rata - rata = \frac{(1,1 + 0,9)}{2} = 1\ volt$$

Dalam program diambil tegangan rata-rata, sehingga menjadi :

```

if (tegangan<=1)
    PORTD.7=1;
}
if (tegangan>1)
{
    PORTD.7=0;
}

```

Arus yang mengalir saat pengisian yaitu pada jam 07.00 sampai jam 18.00 adalah :

$$\begin{aligned}
 &Arus\ rata - rata \\
 &= \frac{260 + 300 \times 8 + 290 + 260 + 140}{12} \\
 &= 280\ mA
 \end{aligned}$$

$$Lama\ pengisian = \frac{3600}{280} = 13\ jam$$

Perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa *solar cell* dirasa kurang optimal dalam pengisian *battery* Li-Po 3600 mAH ketika dalam keadaan kosong. *Solar cell* dirasa cukup baik dalam pengisian ketika *battery* Li-Po 3600 mAH tidak dalam keadaan kosong dan di dukung oleh keadaan cuaca yang cerah dapat terisi penuh selama 12 jam.

### 3. Arus Beban

Pengujian besar arus beban diukur pada beban yang berbeda, dimaksudkan untuk mengetahui seberapa lama *battery* Li-Po 3600 mAH dapat menyuplai arus.

Tabel 4. Hasil Pengujian Arus Beban.

No	Beban yang digunakan	Arus Beban (mA)
1	Mikrokontroler ATmega16	40
2	LCD	30
3	Mikrokontroler ATmega16 + LCD	70
4	Lampu LED	200
5	Mikrokontroler ATmega16 + LCD + Lampu LED	270

Pengujian diatas diambil data ke-5 yaitu semua beban dalam kondisi aktif (ON), maka diperoleh :

$$\text{Suplai battery} = \frac{3600}{270} = 14 \text{ jam}$$

*Battery* dirasa cukup mampu untuk beban pada malam hari yang bekerja selama 12 jam, yaitu pada jam 18.00 sampai jam 06.00.

### 4. Pembacaan Tegangan

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui keakuratan pembacaan tegangan pada LCD dengan multimeter. Pembacaan tegangan pada LCD dilakukan oleh mikrokontroler

ATmega16 dengan program seperti dibawah.

```
cell=read_adc(0);
```

```
tegangan=((float)cell*0.00488);
```

$$Q = \frac{EFSR}{N} = \frac{5}{1024} = 0,00488 \text{ V} = 4,88 \text{ mV}$$

Voltage: VHigh = 5 Volts, VLow = 0 Volts

Full measurement voltage (EFSR) =  $5V - 0V = 5V$

ADC resolution (N) = 10 bits = 1024

Tabel 5. Hasil Pengujian Pembacaan Tegangan *Solar Cell*

No	Tegangan (Volt)		Error (%)
	Multimeter	LCD	
1	1	1,1	3,3
2	2	2	0
3	3	2,9	3,3
4	4	4,1	3,3
5	5	5	0

### 5. Kesesuaian Waktu

Tabel 17. Hasil Pengujian Kesesuaian Waktu Antara Waktu Sesungguhnya Dengan Waktu Pada Alat.

No	Waktu sesungguhnya	Waktu pada alat	Selisih Waktu
1	21:59:00	21:59:00	00:00:00
2	22:00:00	22:00:00	00:00:00
3	02:00:00	02:00:01	00:00:01
4	02:15:00	02:15:01	00:00:01
5	04:00:00	04:00:00	00:00:00



Dalam pengujian, waktu anantara waktu sesungguhnya dengan waktu pada alat didapatkan hasil ketepatan waktu pada alat sangat sesuai dengan waktu sesungguhnya walaupun terdapat sedikit perbedaan pada percobaan ke-3 dan ke-4. Terjadi selisih waktu selama 1 detik.

## I. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pembuatan dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan dan pembuatan lampu penerangan taman otomatis terdiri dari beberapa komponen penting antara lain catu daya, *solar cell*, sistem minimum, lampu dan LCD. Prinsip kerja dari Lampu penerangan taman otomatis adalah mendeteksi adanya tegangan yang dihasilkan *solar cell* dalam pengkonversian energi. Besar tegangan tersebut digunakan sebagai acuan untuk menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis. Timer hanya bekerja ketika sensor cahaya (*solar cell*) terjadi gangguan dengan waktu selama 1 jam, selebihnya sensor cahaya yang bekerja untuk mengotomatisasi lampu.
2. Unjuk kerja dari alat, ketika malam hari semua beban pada alat dalam kondisi aktif (ON), sehingga arus yang mengalir sekitar 270 mA. Suplai energi listrik saat siang hari masih dapat di kontrol oleh *solar cell*, sedangkan di malam hari di kontrol oleh battery Li-Po 3600 mAH. *Battery* tersebut dapat bertahan untuk suplai energi listrik pada malam hari, yaitu sekitar 14 jam, namun yang dibutuhkan hanya 12 jam maka dapat dikatakan cukup untuk menyuplai energi pada alat. *Solar cell* dapat mengisi *battery* (charging) selama 13 jam ketika *battery* benar-benar dalam keadaan kosong.

## J. Daftar Pustaka

1. Prasetyo, Eri. (1999). *Dasar Fisika Energi*. Jakarta: Gunadarma Jakarta.
2. Sitompul, Rislina. (2011). *Manual Pelatihan: Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat Untuk Aplikasi Masyarakat Pedesaan*. Jakarta: Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat (PNPM).
3. Hardi, Syam. (1983). *Dasar-Dasar Teknik Listrik Aliran Rata I*. Jakarta: Bina Aksara.
4. Prihandoko, Bambang. (2010). *Laporan Akhir Program Intensif Peneliti Dan Perekayasa LIPI: Pembuatan Nanomaterial Sebagai Bahan Pembuatan Lithium*. Jakarta: Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
5. G.T. Heydt. (1991). *Electric Power Quality*. Avarua: Star In a Circle Publication
6. Satwiko, Prasasto. (2009). *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
7. Andrianto, Heri. (2008). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATMEGA 16 Menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*. Bandung: Informatika.
8. Jacobson, MZ. 2009, *Review of Solutions to Global Warming, Air Pollution, and Energy Security, Energy and Environmental Science*.
9. Sunomo. (1996). *Elektronika II*. Yogyakarta: IKIP Yogyakarta.